

待ち行列理論によるテーマパークレストラン混雑状況の検討

著者	坂本 憲昭
出版者	法政大学経済学部学会
雑誌名	経済志林
巻	85
号	1
ページ	1-21
発行年	2017-08-22
URL	http://hdl.handle.net/10114/13403

待ち行列理論によるテーマパーク レストラン混雑状況の検討

坂 本 憲 昭

テーマパークにおける，あるレストランの混雑状況を待ち行列理論で最も基礎的なリトルの公式を用いて解析し，シミュレーションにより再現する。本稿で取り上げるレストランは，レジにて注文と会計を行い，その後，料理を受け取る列に移動するシステムである。このレストランの課題は，混雑時に空席が目立つにもかかわらず料理を受け取るための時間が長く，並んでから料理を受け取るまでに40分程度を要することである。本稿の目的は，この課題を解決するための知見を得ることと，大学生を対象にリトルの公式を用いるだけで現実のシステムを検討できる事例を示すことである。

キーワード：待ち行列，リトルの公式，テーマパーク，レストラン

1. はじめに

東京ディズニーリゾート [1] のレストランを，注文と会計をするレジと，商品である料理を受け取る方式で分類する（[2] および著者調査，あわせてFigure 1参照）。

ワゴン（屋台）方式

客（以下，ゲスト。ひとりの来園者を含み1グループをあらわす）は1

列に並び、注文と会計後、その場で商品を受け取る。窓口はひとつである。

カウンター方式1（ハンバーガーショップ型）

複数窓口（複数台のレジ）があり、ゲストは1台のレジの左右に並び、交互に注文と会計をする。レジと同じ窓口で商品を受け取る。

カウンター方式2（コーヒーショップ型）

複数窓口（複数台のレジ）があり、ゲストは1台のレジの左右に並び、交互に注文と会計をする。そのまま進み、料理を受け取る列に並ぶ。

パフェテリア方式

ゲストは1列に並び、並んでいる料理を選択して取りつつ列を進み、最後に会計をする。その後、テーブルに移動する。

テーブルサービス方式

テーブルに案内されて注文と食事をする。退席時に会計をする。

本稿で検討する課題は、**カウンター方式**における現象である。東京ディズニーシーにおいて、この方式のレストランはワゴン（屋台）方式を除く

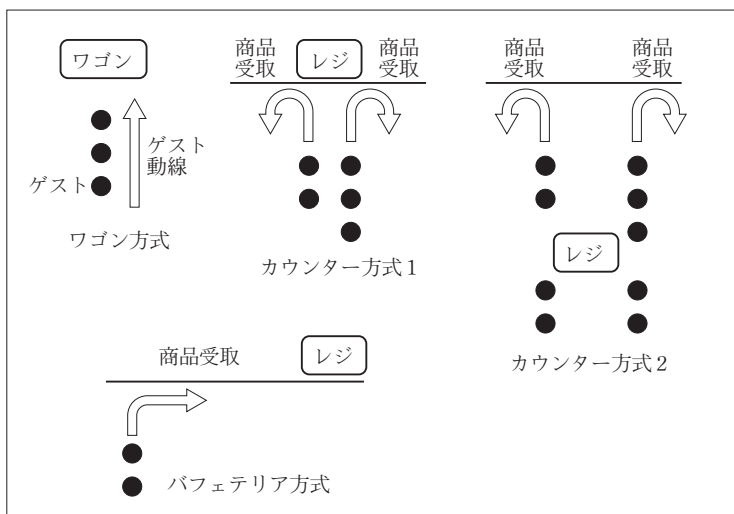


Figure 1 レストラン レジおよび商品受け取り方式

レストラン合計29店舗のうち7店舗ある（ディズニーランドでは4店舗）。多くの店舗において混雑時はゲストが食事をするテーブルが満席となり、相席や食事終了後にはすみやかな退席、料理を受け取ってから席の確保をお願いされる。入店制限もおこなわれるが、座ることができないゲストがあふれ、店外やテーブル以外で食事をするゲストが多い。これは、入店制限にもかかわらず入店するゲストが非常に多く、入店から料理を受け取るまでの時間よりもゲストのテーブル滞在時間が長いためである。街なかのファースト・フードやショッピングモールのフードコート等において、混雑時に料理のトレイをもったまま席を探す風景と同じである。

ところが、同じ**カウンター方式2**のザンビーニ・ブラザーズ・リストラテでは、空席のテーブルが目立つにもかかわらず、店内に入るために並んでから料理を受け取るまでに40分程度を要することが話題になっている。著者は、このレストランが他店と異なる特徴として、提供される料理がパスタやドリアなどの温かい料理が中心であることをあげる。そのため、料理を提供するために所要する時間が長いと考えられ、テーブルを満席にできない現象が生じていると推測する。一般的には、料理を提供するための所要時間よりも、ゲストがテーブルに滞在している時間の方が長いと考えるが、空席が目立ち（現地測定でテーブル数約200に対して20～30の空きテーブル数）、テーブルの空き状況はレジに並んでいるゲストから見えるためゲストの不満の声（SNS）が多く、顧客満足度を下げる要因である。

この課題を解決するための知見を得るために、待ち行列（Queueing Theory）理論で最も基礎的なリトルの公式（Little's formula）で検討を行い、シミュレーションにより現象を再現する。

2. リトルの公式

リトルの公式を説明するために、カウンター席（着席）だけのラーメン店を考える（Figure 2参照）。来客が着席できなかった場合、退出すること

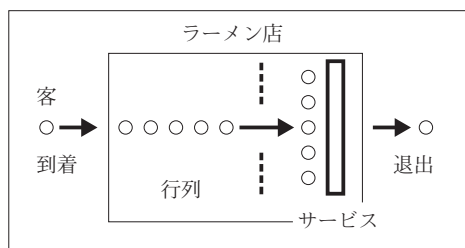


Figure 2 ラーメン店の客の動き

なく、全員が必ず店内に並ぶものとし（これを本稿では“行列”と呼ぶことにする）、着席できたならば、注文・会計・食事をして退出とする（着席から退出までを本稿では“サービス”と呼ぶことにする）。

このようなシステム（ラーメン店）において、長時間にわたり客が店からあふれない状態を“システムが安定”であるといい、この状態を“平衡状態”という。ラーメン店のシステムを“行列”と“サービス”に分けて考えると、サービスを受けられずに待っている時間が待ち時間である。平衡状態における L_q （以下、記号はTable 1参照）、 W_q 、 λ_q の平均を求めると式(1)が成立する。同様にシステム全体（店全体）を考えると式（2）が成立する。式（1）、（2）がリトルの公式であり、待ち行列理論の基礎的な公式である [3] ～ [8]。

$$L_q = \lambda_q W_q \quad (1)$$

$$L = \lambda W \quad (2)$$

この公式は、平衡状態におけるシステムの平均値での関係をあらわすことに注意する。たとえばこのラーメン店の場合、多少の時間差により満席となり待ち行列が発生したり、空席を生じたりする状況のなかで、平衡状態であれば平均値についてリトルの公式が成立する。それ以上の来客間隔では常に満席となり平衡状態ではなくなり、待ち行列が増大して発散する。

システムが平衡状態になるための安定条件を式（3）に示す。窓口1つあたりの利用率

Table 1 各状態をあらわす記号

記号	概要
L_q	行列している平均客数 サービスを受けている, すなわち着席している客数を含まない
W_q	行列の平均待ち時間 着席してサービスを受けている時間を含まない
λ_q	単位時間あたりに来店する平均客数
L	システム全体 (店内全体) の平均客数 L_q と着席している客の合計の平均値
W	システム全体 (店内全体) の待ち時間 W_q とサービスを受けている時間の合計の平均値
λ	単位時間あたりに着席する平均客数
μ	平均サービス率 単位時間あたりに処理 (着席から退出まで) する平均客数
$1/\mu$	平均サービス時間 (客ひとりにかかるサービスの平均時間)
c	サービスを提供する窓口数 客席数
a	$=\lambda/\mu$ サービス窓口 (席) での平均客数
ρ	利用率, またはトラフィック密度 (traffic intensity) 式 (3) 参照

$$\rho = \lambda / c\mu < 1 \quad (3)$$

が1未満であればシステムは安定である。ところで, $\rho=1$ の場合は, 待ち行列の理論では扱わない概念であるが, 本稿ではこれを制御理論の概念を導入して“漸近安定¹⁾”と呼ぶことにする。

計算例

カウンター席数12, 1時間あたり平均20名が来客, サービス時間の平均を0.5時間とする。この条件で式 (3) ρ を求めると,

$$\rho = (\lambda/c) (1/\mu) = (20/12) \times 0.5 = 0.8 < 1$$

となり安定条件を満足する。この時の平均客数は式 (2) から,

$$L = \lambda W = 20 \times 0.5 = 10$$

平均して2席が空く状態である。なお, 空いている窓口の平均数は,

$$c(1-\rho) = 12(1-0.8) = 2.4 \quad (4)$$

1) asymptotically stable : 安定条件に等号を含む緩和条件である。制御理論では状態の目標値に対する誤差や偏差がゼロに収束し, ゼロを維持するのが安定条件であり, ゼロの近傍内に収束して維持するのが漸近安定である。本稿ではこれにない, 振動がみられても発散をすることなく平衡状態を維持する意味で用いる。ここでいう発散とは, テーブルの満席状態が続いたり, 空きテーブルが増加したりする一方の傾向である。

によっても求めることができる。一方、常に満席（本稿でいう漸近安定）を想定した到着率を求めると、式（2）から、

$$\lambda = L/W = 12/0.5 = 24$$

1時間あたり平均24名の来客があればよい。この時、

$$\rho = (24/12) \times 0.5 = 1$$

となり安定条件は成立しないが、本稿でいう漸近安定である。

発展として計算式を省略するが、1時間あたり平均20名が来客、サービス時間の平均を0.5時間として、下記の各値を簡単に求めることができる（Table 2）[4]，[5]，[6]。各値は平均値であり、一時的に空席や待ち行列が発生する。

Table 2 計算によって求まる各平均値

L_q [人]	L [人]	W_q [min]	W [min]
2.24	12.24	0.11	0.61

3. テーマパークレストランの検討

本稿の研究対象であるレストランでは待ち行列は3つに分かれる。

◆ゲストがレジに並ぶ

◆ゲストが注文と会計を終了し、料理を受け取るために並ぶ

◆ゲストが料理を受け取り、テーブルに座るために移動する

混雑時は

レジで注文会計に要する時間 < 料理を受け取るのに要する時間

であるから、料理受け取りによりゲストの列が進まないと次のゲストのレジ処理をすることができない状況になっており、Figure 3 パターンBの状況にはならない。したがって、レジに対する待ち行列の検討を省略する。

Table 3に本章で用いる記号の一覧を示す。初めに料理を受け取る状況を考える。変化する値は、ゲストのレストランへの到着率とゲストが料理を受け取る所要時間である。これらの値は時間帯や1Grあたりの人数により

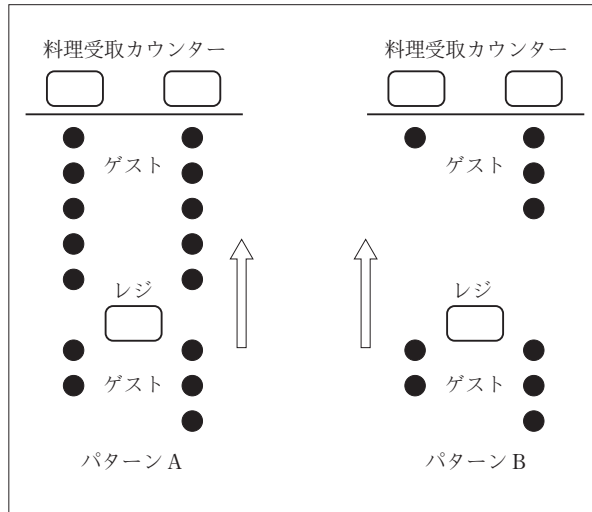


Figure 3 混雑時のパターンA

Table 3 各状態をあらわす記号

記号	概要 [単位]
Gr	客, ゲストとよぶ。ひとりを含み1グループをあらわす
SB	スタンバイ列。レジ列の定員超過で並ぶことができないゲストはスタンバイ列 (1列) に並ぶ SBの定員は無限大とする
R	料理を受け取るカウンター数。レジ台数×2。最大12とする
T	ゲストが着席しているテーブル数。1Grに付き1テーブルを占有すると仮定。テーブル数を200とする
λ_G	[Gr/min] ゲストのレストランへの平均到着率
F	[sec] 平均料理受取時間。ゲストが料理を受け取る列の先頭になってから料理を受け取るまでの所要時間
λ_T	[Gr/min] ゲストのテーブルへの平均到着率。着席できなくても単位時間あたりに料理を受け取ったゲスト数に等しい
E	[min] ゲストのテーブル平均滞在時間。ゲストがテーブルに着席し、退席するまでの時間
ρ_T	テーブルの利用率

μ, a はTable 1に同じ

変化する。混雑時に現地測定した値から考慮して λ_G を4,5,6 [Gr/min], F を120, 150, 180 [sec] と仮定する。 $\rho=1$ として式 (3) から

$$R \equiv c = \lambda_G / \mu = \lambda_G F \quad (5)$$

により料理を受け取るカウンターの必要数を求める (Table 4参照)。なお,

Table 4 平衡状態でのカウンター数 R

λ_G [Gr/min]	F [sec]		
	120	150	180
4	8	10	12
5	10 (No.1)	12.5 (No.2)	15
6	12	15	18

Table 5 カウンター数 $R=12$ のときの ρ

λ_G [Gr/min]	F [sec]		
	120	150	180
4	0.7	0.8	1.0
5	0.8	1.0	1.3 (No.3)
6	1.0 (No.4,5)	1.3	1.5

Table 4～Table 6 の No.1～No.5は、次章でシミュレーションする番号である。一方、レジを全台稼働させた状態（カウンター数 $R=12$ ）を仮定して式 (3) ρ の値を次式から求める（Table 5参照）。

$$\rho = \lambda / c\mu = (\lambda_G / c) (1/\mu) = (\lambda_G / R) F \quad (6)$$

Table 4 と Table 5 から、たとえば $\lambda_G=4$, $F=180$ または $\lambda_G=6$, $F=120$ であれば漸近安定で、 $\lambda_G=5$, $F=180$ または $\lambda_G=6$, $F=150, 180$ では待ち行列が増大すると推測できる。 $\lambda_G=5$, $F=150$ については、漸近安定であるがカウンター数は構造上最大 $R=12$ であるからシミュレーションにて確認する。

次に、テーブルの着席について考える。本稿の検討課題は“テーブルがすべて埋まっていない状態”であるから、料理を受け取ってテーブルが空くのを待っているゲストが存在しない状態である。サービスはゲストがテーブルを利用している状態を示し、平均サービス時間はゲストのテーブル平均滞在時間、窓口数はテーブル数である。テーブルへのゲスト到着率とゲストの滞在時間を仮定し、平衡状態において着席しているテーブル数を式 (2) より求める。

$$T = \lambda_T E \quad (7)$$

λ_T はテーブルが空くのを待っているゲストが存在しない状態であるから、料理受け取り間隔から得られる。

Table 6 平衡状態での着席しているテーブル数 T

F [sec]	λ_G [Gr/min]	E [min]		
		30	40	50
180	4	120	160	200
150	4.8	144	192	240
120	6	180 (No.4)	240 (No.5)	300

$$\lambda_T = R/F \quad (8)$$

カウンター数 $R=12$ は共通, $F=120, 150, 180$ より λ_T を求めると, それぞれ, $\lambda_T=6.0, 4.8, 4.0$ となる。Table 6に $E=30, 40, 50$ と仮定して式 (7) から求める T を示す。テーブル数は200であるから, Table 6の240, 300のケースは待ち行列が発生すると推測する。

着席しているテーブル数の安定条件を考える。漸近安定を含めると式 (3), (8) より

$$\rho_T = (\lambda_T/T) (1/\mu) = \left\{ (R/F) / T \right\} E = RE / TF = 1 \quad (9)$$

式 (9) より,

$$T = RE / F \quad (10)$$

上式は式 (5) より

$$T = (R/F) E = \lambda_G E \quad (11)$$

と表現することもできる。式 (10), (11) はすなわち,

$$\begin{aligned} \text{着席テーブル数} &= \frac{\text{カウンター数} \times \text{ゲストのテーブル平均滞在時間}}{\text{平均料理受取時間}} \\ &= \text{ゲストのレストランへの平均到着率} \times \text{ゲストのテーブル平均滞在時間} \quad (12) \end{aligned}$$

数値例として, カウンター数12, ゲストのテーブル平均滞在時間30 [min], 平均料理受取時間180 [sec] とすると, 着席テーブル数120となり, 空きテーブル数80を残して平衡状態となる。もし多くのゲストの滞在が長くなり平均滞在時間が40 [min] になれば, 空きテーブル数40に減少する。式 (12) において, カウンター数12, 着席テーブル数が200となる場合の各値の組み合わせをTable 7 に示す。

Table 7 着席テーブル数200

λ_G [Gr/min]	F [sec]	E [min]
3.3	216	60
4	180	50
5	144	40
6	120	33

$$(F=R/\lambda_G, E=TF/R)$$

4. 待ち行列のシミュレーション

4.1 リトルの公式による解析

Excel の Sheet 上で待ち行列をシミュレーションする方法が紹介されているが単一の窓口であり、複数窓口の場合は困難にて [9] [10] [11], Excel VBA によるプログラミングでおこなう。

(1) ゲストのレストランへの到着率

多くの場合、開店直後から正午にかけて増加し、その後ピークを迎えるが、本稿が解決したい混雑時の場合はゲストが終日減らず、公式サイトの待ち時間表示によれば開店から閉店まで常に40 [min] が継続する。その場合の λ_G を現地測定にもとづき5または6 [Gr/min] として与える。

(2) ゲスト平均到着率の実現方法

正規分布に従う乱数で与える。Excel VBAの次の関数を用いる。

Norm_Inv (Rnd, 平均値, 標準偏差)

平均値は5または6, 標準偏差を0.683とする。

(3) シミュレーション条件

ゲストの到着率などの設定値をTable 8に示す。 ρ_T はTable 8の値 (F, R, E, T) を用いて式 (9) から求めたものである。最右列項目のポイント①～⑤はTable 4～Table 6 のNo.1～No.5を参照のこと。レジに並ぶことができるのは各列最大10Gr, 料理受け取り列は各カウンター最大5 Gr, テーブル数は200, レジ列の定員超過で並ぶことができないゲストはSBに並ぶ。シミュレーション間隔を1秒単位として、Figure 4に示す処理を3時間分,

10回繰り返しておこなう。ゲスト到着はシミュレーションごとに前述の乱数で与える。なお、Figure 4にある入店制限は実施しない。

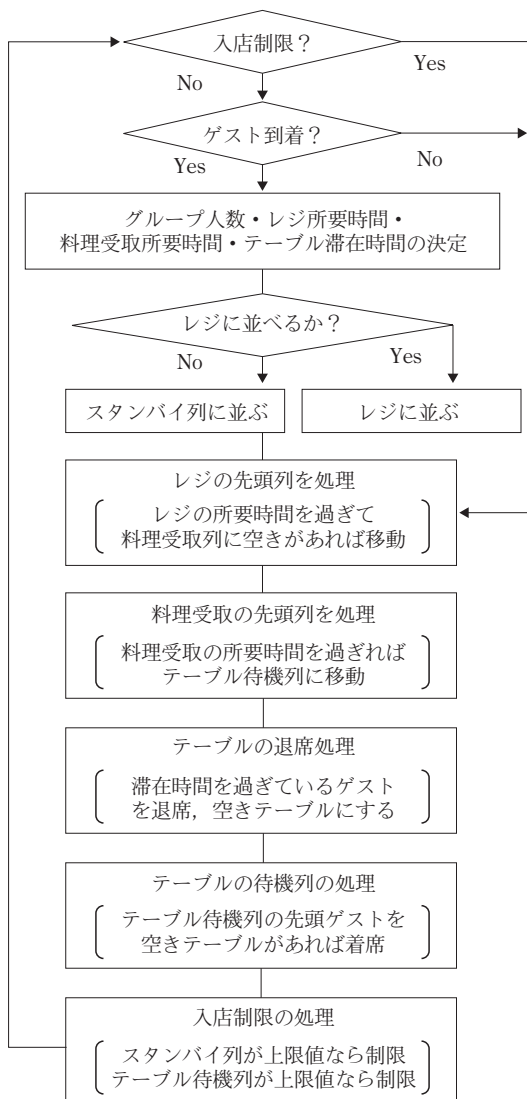


Figure 4 フローチャート

Table 8 設定値と理論値

No.	λ_G	F	R	ρ	E	λ_T	T	ρ_T	ポイント
1	5	120	10	0.8	40	5.0	200	1.0	①
2		150	1.0	4.8		192	②		
3		180	1.3	50		4.0	200		③
4	6	120		1.0	30	6.0	180		④
5					40		240		⑤

- ①安定
 ② $R=12.5$ での状況確認
 ③安定条件を満足しない
 ④漸近安定
 ⑤漸近安定, かつテーブル数超過

(4) シミュレーション結果

参考までにシミュレーション Excel の Sheet 画面の一部をPhoto1, 2に示す。数値はゲストの通し番号, 時刻, 回数などであり, 各ゲストのタイミング毎の時刻を記録する。10回繰り返しのシミュレーション結果をまとめたものをTable 9に示す。Table 9第2列 T はTable 8第8列の値, Table 9第3列結果はシミュレーション結果においてシミュレーション開始から平衡状態になる60 [min] 経過から終了までの着席しているテーブル数の平均値をさらに10回分の平均値, Table 9第4列SBはシミュレーションごとの最大値の平均値, Table 9第5列テーブル待ちは料理受け取り後, テーブルが満席で着席できないゲスト数のシミュレーションごとの最大値の平均値である。括弧 () の値はその標準偏差 (Excel 関数 AVEDEV を使用) である。

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	SB	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	カウンター	テーブル待ち	着席済み
2	0	1068	1069	1060	1062	1062	1064	1066	1072	1065	1067	1068	1073	912	797
3	0	1069	1070	1071	1074	1063	1065	1076	1077	1078	1080	1081	0	902	798
4	0	1062	1063	1064	0	1075	1079	0	0	0	0	0	0	903	805
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	905	806
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	906	800
7	0	レンジ1		レンジ2		レンジ3		レンジ4		レンジ5		レンジ6		914	811
8	0	0	0	1066	0	0	0	0	0	0	0	1085	0	915	812
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	909	815
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	920	814
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	909	816
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	923	804
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	921	807
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	924	808
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	913	809
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	916	818
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	917	820
18	0													918	810
19	0													922	823
20	0													927	813

Photo 1 シミュレーション画面 ゲストの動き

	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	経過時間			ゲスト	レジ 並ぶ	レジ 開始	受取 待時間	受取	T着席	レジ 所要	料理 所要	列	min	T空き 数	T_残差	
2	h	3		1	6	6	36	156	156	30	120	1	0	200	0	
3	min	1		2	12	12	42	162	162	30	120	2	1	200	0	
4			最大値	3	16	16	46	166	166	30	120	3	2	197	3	
5	レジSB数	0		4	22	22	52	172	172	30	120	4	3	191	9	
6	TBL SB数	151	157	5	33	33	63	183	183	30	120	5	4	185	15	
7	TBL あき	0		6	44	44	74	194	194	30	120	6	5	184	16	
8			MAX回数	7	72	72	102	222	222	30	120	7	6	176	24	
9	料理No.1	3		8	77	77	107	227	227	30	120	8	7	172	28	
10	料理No.2	3		9	87	87	117	237	237	30	120	9	8	166	34	
11	料理No.3	3		10	89	89	119	239	239	30	120	10	9	161	39	
12	料理No.4	2		11	104	104	134	254	254	30	120	11	10	155	45	
13	料理No.5	3		12	107	107	137	257	257	30	120	12	11	151	49	
14	料理No.6	3		13	123	123	157	277	277	30	120	1	12	143	57	
15	料理No.7	2		14	124	124	163	283	283	30	120	2	13	139	61	
16	料理No.8	2		15	140	140	170	290	290	30	120	3	14	131	69	
17	料理No.9	2		16	147	147	177	297	297	30	120	4	15	128	72	
18	料理No.10	2		21	196	196	226	346	346	30	120	5	16	119	81	
19	料理No.11	2		22	219	219	249	369	369	30	120	6	17	116	84	
20	料理No.12	1		24	231	231	261	381	381	30	120	7	18	107	93	
21			最大値	17	157	157	278	398	398	30	120	1	19	104	96	
22	レジNo.1	0	1	25	249	249	279	399	399	30	120	8	20	96	104	
23	レジNo.2	0	1	18	177	177	284	404	404	30	120	2	21	92	108	
24	レジNo.3	0	1	19	181	181	291	411	411	30	120	3	22	84	116	

Photo 2 シミュレーション画面 タイミング毎の時刻

Table 9 理論値とシミュレーション結果

No.	T	結果	SB	テーブル待ち
1	200	198 (0.9)	0	0
2	192	190 (0.6)	0	0
3	200	199 (1.2)	20.7 (0.7)	2.4 (0.6)
4	180	178 (0.0)	0	0
5	240	200 (0.0)	0	156 (0.9)

Table 9によれば、着席しているテーブル数はTable 8の公式による値とほぼ同じ結果が得られた。No.2は公式によればカウンター数12.5であるが、待ち行列が発生することなく平衡状態になっている。その理由は、本条件では0.5が小さく影響があらわれなかったと考える。No.3は安定条件 $\rho=1.3$ にて発散はしないが待ち行列が発生している。No.4は漸近安定の確認であるが平衡状態と同じ結果である。No.5も同じ漸近安定であるが、理論上のテーブル数を実数よりも多いため空きテーブルを待つ多くのゲストの待ち行列が発生している。以上から、シミュレーションで公式通りの結果が得られている。

4.2 検討課題の再現

1章で述べた課題をシミュレーションにより再現する。ゲストのレストランへの到着率は前節(2)と同じであるが、そのほかに設定する値を示す。

(1) 1Grあたりの人数

1Grの人数は1～6の乱数によって与える。各数の出現平均値は等しくせずに現地測定にもとづいた割合[12]を用いる(Figure 5参照)。

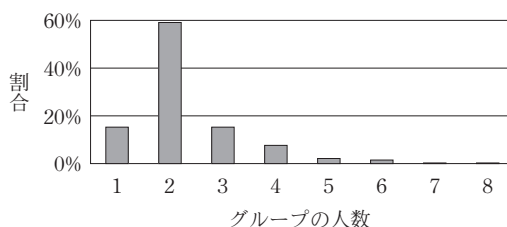


Figure 5 1Grあたりの人数の割合

(2) レジにおける注文会計所要時間とカウンターでの料理受取所要時間

1Grのグループ人数に影響を受けるから各平均値をグループ人数に比例して長く設定し(Table 10参照), その値を平均値とした正規分布で与える。使用する Excel VBA 関数は Norm_Inv (Rnd, 平均値, 標準偏差) であり, 平均値はTable 10の値, 標準偏差は0.683とする。シミュレーション中に得られた結果が数秒となった場合は現実的な値ではないため, 最小値を

Table 10 注文会計所要時間(平均値)と料理受取所要時間(平均値)

グループ人数	注文会計時間 [sec]	料理受取時間 [sec]
1	30	60
2	40	100
3	50	140
4	60	180
5	70	220
6	80	260

平均値 $\times 0.683$ とし、最小値未満が得られた場合は再度求める。

(3) テーブル滞在時間

1Grが1テーブルを占有とする。街なかでくつろぐレストランでの滞在とは異なり、パーク内での一時的な滞在である。それに関するデータはない為、「食ベログ」による「ビジネスパーソンのランチ事情」Webアンケート調査結果 [13]²⁾を参考にする (Figure 6参照)。Figure 6 の割合を x 軸、時間を y 軸としてプロット図を描き、2 次関数で近似した結果を次式と Figure 7 に示す。

$$\text{滞在時間} [\text{min}] = 0.0042x^2 - 0.0193x + 20$$

20以上100以下の乱数 (Excel VBA RND関数を使用) を生成し、これを x とし、上記近似式から滞在時間を得る。ちなみに、滞在時間だけの生成を100,000回繰り返すと、平均値36.5 [min], 中央値34.2 [min], 標準偏差11.6の結果が得られている。ショーやアトラクションの都合があるため、30～40分程度の食事時間は現地測定からも妥当と判断する。

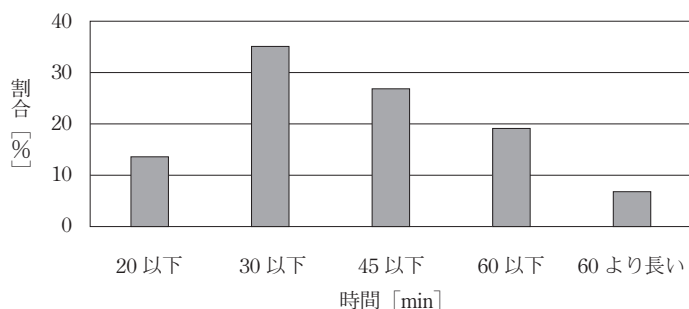


Figure 6 ビジネスパーソンのランチのお店滞在時間

2) 調査対象者：食ベログ会員，調査方法：Webアンケート調査，調査期間：2015年5月28日～6月1日，回答人数：12,044人，男女比率：男性58.4% 女性41.6%，調査実施機関：株式会社カカコム

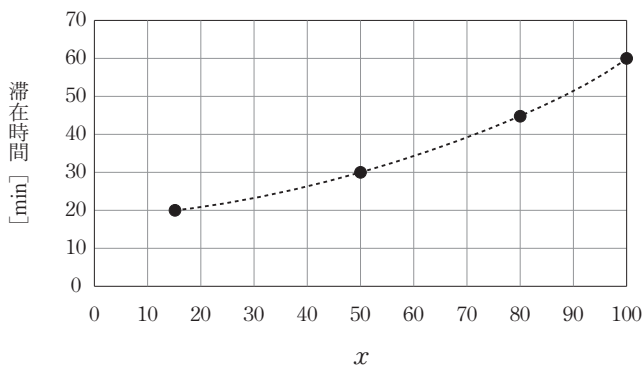


Figure 7 滞在時間の取得

(4) シミュレーション条件

ゲスト到着率は5, 6 [Gr/min], 注文会計時間や料理受取時間, ゲストのテーブル滞在時間は前述 (1) ~ (3) のとおりである。10回繰り返しおこなう。

(5) シミュレーション結果

結果をFigure 8, 9 およびTable 11 (最下行は (6) の結果) に示し, 特徴を以下にまとめる。

- ◆シミュレーション開始からおよそ60 [min] 以降, 着席しているテーブル数は満席にはならず平衡状態を維持する
- ◆ゲスト到着率5, 6どちらにおいても空きテーブルを待つゲストは発生しない
- ◆ゲスト到着率6では, レジに並んでから料理を受け取るまでの平均時間が31.6 [min] である (Table 11, 項目B)
- ◆ゲスト到着率6では, およそ150 [min] 以降, レジに並ぶことができずにスタンバイ列に並ぶゲストが発生する (Table 11, 項目C)
- ◆ゲスト到着率6では, レジに並ぶことができずにスタンバイ列に並んだゲストがその後レジに並ぶことができた時刻まで, すなわち, 入店からレジまでの待ち時間について, シミュレーションごとにゲストの待ち時

間で最長から降順に50ゲストの平均値を求めると、10回分の平均値は6.2 [min] (標準偏差2.4) である。したがって、Table 11項目Bの31.6 [min] と合わせると37.8 [min] となり、公式サイトの待ち時間40 [min] にほぼ一致する。なお、50の値は実際に店外に並ぶゲストの概算である。

以上から、ゲスト到着率6 および各種設定条件は、本稿の目的である混雑状況（レジに並べないが空きテーブルが目立つ）を再現していると判断する。

理論上の値をTable 12（最下行は（6）の結果）に示す。 F, R, E はTable 11のシミュレーション結果であり、その値を用いてゲストのテーブルへの到着率 λ_T は式（8）、着席テーブル数 T は式（12）、 ρ_T は式（9）から求める。着席テーブル数はシミュレーションのばらつきを考慮すれば理論上の値と一致し（Table 11項目AとTable 12 T ）、Table 12の ρ_T は漸近安定を示し、これはFigure 8, 9の平衡状態になる結果と一致する。

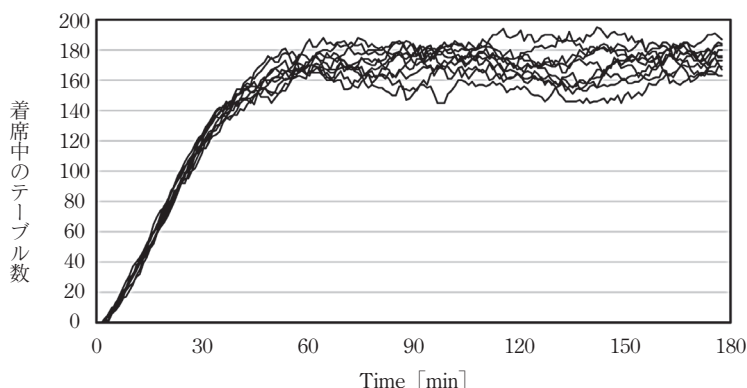


Figure 8 ゲスト到着率5 [Gr/min] テーブル着席状況

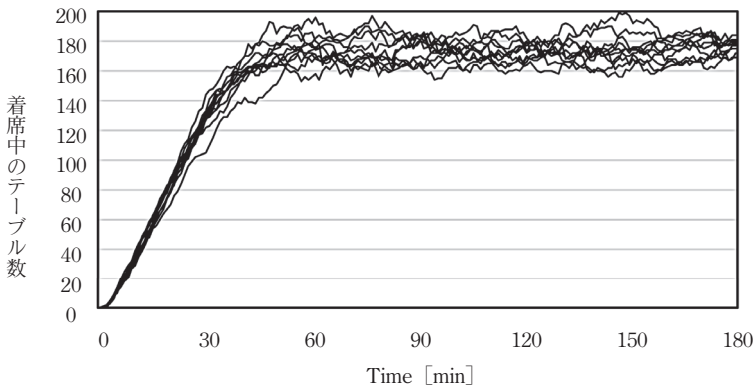


Figure 9 ゲスト到着率6 [Gr/min] テーブル着席状況

Table 11 シミュレーション結果

λ_G	項目A	項目B [min]	項目C	項目D [sec]	項目E [min]
5	171 (3.8)	11.7 (1.5)	0	149.2 (5.2)	36.0 (0.4)
6	174 (3.9)	31.6 (2.2)	47.5 (15.3)	148.0 (2.3)	36.6 (0.4)
6	174 (6.0)	37.3 (4.0)	260	149.0 (62.9)	36.3 (9.9)

項目A : 60 [min] 以後, 着席テーブル数平均値
項目B : 60 [min] 以後, レジに並んでから料理を受け取るまでの時間の平均値
項目C : スタンバイ列に並んだゲスト数の最大値の平均値
項目D : 料理受取時間の平均値
項目E : テーブル滞在時間の平均値
括弧 () の値はその標準偏差 (Excel関数AVEDEV)

Table 12 結果に基づく理論値

λ_G	F	R	E	λ_T	T	ρ_G
5	149.2	12	36.0	4.8	174	1.0
6	148.0		36.6	4.9	178	
6	149.0	12	36.3	4.8	175	1.0

(6) 平衡状態の継続の確認

シミュレーション時間は3時間としたが, 継続した場合を確認する。現実には待ち時間40 [min] が6時間以上継続する場合がある。Figure 9 に示したシミュレーション結果と同じ条件でシミュレーションを6時間にし

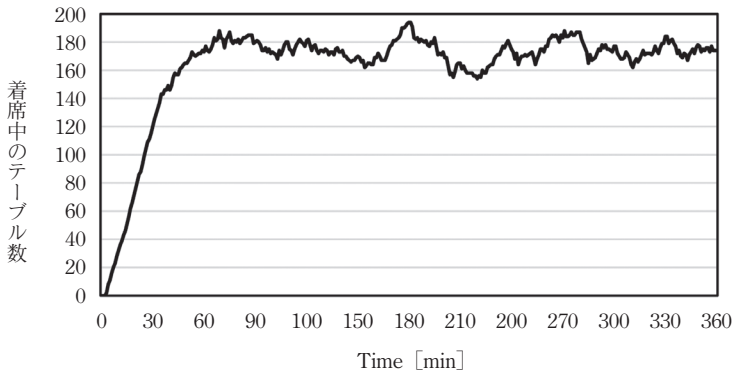


Figure 10 6時間のシミュレーション結果

た結果のひとつをFigure 10 に示す。平均値や標準偏差等は比較のため Table 11,12の最下行に示す。時間が長いためばらつきが大きくなったが平衡状態は同じである。空きテーブルを待つゲストは発生しなかったが、入店制限を設定していないため、レジに並ぶのを待つスタンバイ列のゲスト最大数は260となった。

5. おわりに

待ち行列理論で基礎的なリトルの公式による値と、シミュレーション結果は一致し、本稿で取り上げた混雑時の課題を再現することができた。課題解決の検討をする際には、シミュレーションをせずとも式 (12) により、理論上の推測が可能である。

本稿の範囲を超えるが、平衡状態の空席を減らすためには、間接的にゲストのレストランへの到着率も因子のひとつであるが、混雑時の入店制限ではゲストは店外に並び、レジに並ぶことができる状態になればゲストを店内に誘導するため、レジおよび料理受取カウンターの待ち行列に影響しない。混雑時のテーブルへのゲスト到着率は料理受取時間のみに支配され

るから、そのためにレジとカウンター数を増やすにはコストが高く、現実的な解決策としてはメニューの見直しや効率化による料理受取時間の短縮と考える。

文 献

- [1] 公式サイト<http://www.tokyodisneyresort.jp/top.html>
 - [2] 堀井憲一郎：東京ディズニーリゾート便利帖，新潮社，2015
 - [3] 宮沢政清：待ち行列の数理とその応用，牧野書店，2006
 - [4] 伊藤俊秀，草薙信照：コンピュータシミュレーション，オーム社，2006
 - [5] 北岡正敏：例題でわかる待ち行列理論入門，日本理工出版会，2010
 - [6] 塩田，河西，豊泉，会田：待ち行列理論の基礎と応用，共立出版，2014
 - [7] 木村俊一：待ち行列の数理モデル，朝倉出版，2016
 - [8] OR事典Wiki：<http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/index.php/リトルの公式>
 - [9] 大野，逆瀬川，中出：Excelで学ぶオペレーションズリサーチ，近代科学社，2014
 - [10] 逆瀬川浩孝：待ち行列現象のシミュレーション分析，オペレーションズ・リサーチ，2014年4月号
 - [11] 井家，岸，佐久間：表計算ソフトで待ち行列を再現してみよう，オペレーションズ・リサーチ，2015年9月号
 - [12] N.Sakamoto：Feedback Control of the Lottery System in Theme Park Automation, Control and Intelligent Systems, Science Publishing Group, Vol.3, No.5, pp.76-80, 2015, Doi.10.11648/j.acis.20150305.13
 - [13] 食べログ<http://tabelog.com/>
- ※URL：2017年4月1日現在

Examination of the degree of congestion at a restaurant in a theme park using Queueing Theory

Noriaki SAKAMOTO

《Abstract》

This paper shows the degree of congestion at a restaurant in a theme park through a simulation using Little's formula, which is the most basic principle in Queueing Theory. In a certain type of restaurant, customers place their orders and pay first, then stand in line to receive their meals. The problem is the long time needed to serve the meals even when vacant seats can easily be found. Regarding congestion, it takes 40 minutes or more for the customers to receive their orders after lining up in the restaurant. The purpose of this paper is to demonstrate a case where Little's formula reproduces a real system.